養液栽培技術講習會專刊　第三輯　53～60，1990

NFT 栽培簡介

許　仁　宏* 譯

薄膜養液栽培技術（nutrient film technique，簡稱 NFT）是60年代後期英國溫室作物研究所（Glasshouse Crops Research Institute，譯註：現已歸併為英國園藝研究所的一部份）所發展出來的一種特殊的無土栽培方式。經過25年的發展，現在 NFT 已經實用化並被世界上許多國家使用在經濟栽培上。它的優缺點為：

1.優　點：

(1)可使用現代化的自動儀器與電腦設備，節省人力。

(2)提供根部較好的生育環境，如可調節根溫等。

(3)節省用水，簡化澆水，不必每天衡量作物需水量，供水可為連續性或間斷式。

(4)養分供應可較均衡而且適合各生育階段。肥料經由養液提供，省工。

(5)不必挑選土壤，沒有土壤栽培的病蟲害、塩害、土壤結構不良而排水不易等問題。不必輪作或燻蒸土壤。

(6)每期作間可以沒有間隔，全年可生產。

(7)可採高密度栽培。

(8)試驗上的有利工具。

2.缺　點：

(1)技術層面高，農民需有專業知識。

(2)根部疾病傳染快。

(3)初期成本高。

(4)不具土壤的緩衝力。

NFT 的基本原理為利用很淺而含有植物所需養分的循環水流經完全裸露的根系而提供植物生育所需的水、氧與養分。由於水淺，部分根系仍可接觸空氣而不致缺氧，也不必像平常水耕一樣打氣來供應氧氣。茲將 NFT 的各項要點簡介如次。

配置與設備

目前英國典型商用 NFT 的配置大致如圖一。普通以 0.4 公頃（1 英畝）為一個單位，設備包含：

(1)一個接收槽內裝養液。

(2)一到二個馬達，可抽送養液到栽培槽上端。

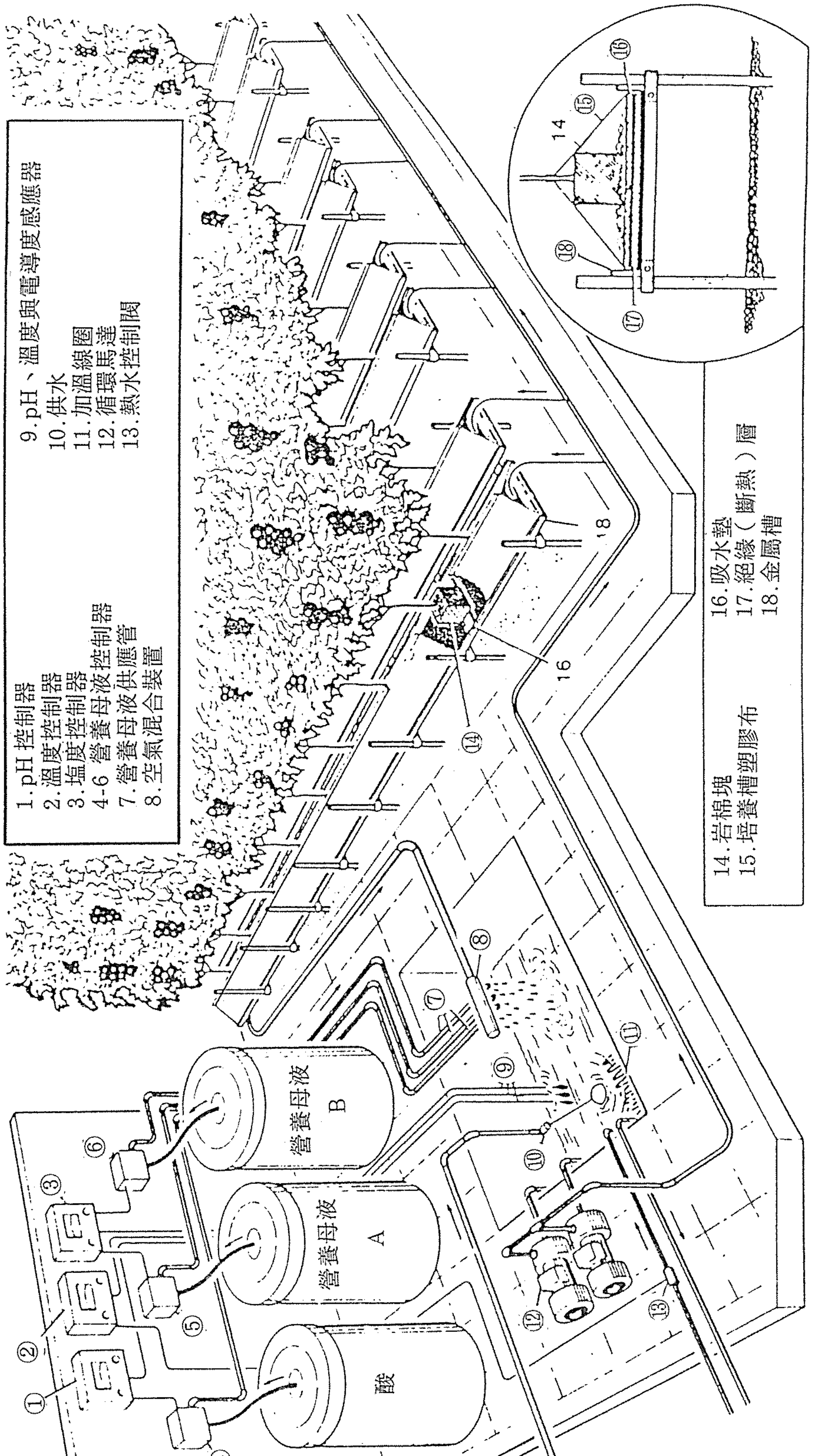
(3)平行而具斜度的栽培槽多個，栽培槽內種植作物，養液隨著坡度往下流至回收管。

(4)回收管回收從培養槽流出的養液並送回接收桶。

(5)監控系統負責維持養液濃度、pH 值、水位與溫度。

---

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所副研究員


1.pH控制器
2.溫度控制器
3.鹽度控制器
4-6.營養母液控制器
7.營養母液供應管
8.空氣混合裝置
9.pH、溫度與電導度感應器
10.供水
11.加溫線圈
12.循環馬達
13.熱水控制閥
14.岩棉塊
15.培養槽塑膠布
16.吸水墊
17.絕緣(斷熱)層
18.金屬槽
營養母液 B
營養母液 A
酸

圖一 NFT系統圖說

1.水　質

未種植前分析水質很重要，尤其是自己挖井採泉的農戶。因為水源不同（即使是自來水）其含養分的差異可能很大，而且一年中也可能有變動。分析項目包含 pH、電導度、硝酸塩、總碳酸以及各項必要無機元素。然後要檢查的是上述所分析的各項元素是否以離子態呈平衡狀態（即相同濃度的陰陽離子，以 equivelents 表示）。如果兩者間有相當大的差異，則必須查看是否有其他元素汚染。硬水（高鈣、鎂）需較多的酸（硝酸或磷酸）來降低水的 pH 值。調節 pH 值所用的氮和磷必須從養液中扣除。塩害問題，尤其是高量的鈉和氯會經由供水而影響作物產量。

另外，由於 NFT 栽培是個封閉的系統，由栽培中產生的塩類蓄積問題也必須注意。根據統計，一個典型 0.4 公頃種 12,000 株番茄的栽培園，在一個夏季晴天可消耗 16,000 公升的水。由於這種規模的栽植園的蓄水槽容量大約為 15,000 公升，所以水可以說是一天一換。水中未經植物吸收的離子，如硫酸塩、鈉和氯會迅速累積。如果不排掉的話，在一週內其濃度就會變成原來的數倍。因此養液必須在這些元素濃度達到毒害前更換。有些農民故意讓 NFT 系統產生滲漏（10—30%）來降低有害離子的累積。

2.地點與斜度

最理想的地點是縱橫兩方向都有斜度以利水往下流至回收槽與管。斜度約為 1 比 50 或 1 比 75，避免斜度少於百分之一。因為把土壤推平並具有斜度不容易，尤其是在溫室內，因此大部分都採用架高式 NFT 或底下墊保麗龍等材料，然後上面再放置栽培槽。

3.栽 培 槽

大部分農友用內白外黑的塑膠布做栽培槽，寬約 50—75 公分，厚約 150—250 微米。愈厚其底部愈容易平坦。番茄栽培所用摺好的栽培槽底部約25—30公分，太寬則根團太大。其他作物視根的大小而調整寬度。

4.養液槽與管路

大部份養液槽用玻璃纖維或不銹鋼，也有用水泥或只舖塑膠布的。英國一般養液桶容量大約只佔全部 NFT 系統水量的 10—15%而已。但若資金充足的話，可以加大容量，因為如果斷電的話，養液回流後會溢出養液槽。一個 1 公頃的番茄 NFT 系統的養液總量大約為 40,000 公升。

所有管路應用塑膠製品，因金屬管可能會造成汚染，尤其是因為養液的 pH 值通常是5.5—6.5之間。

5.控制系統

電導度與 pH 值的控制在 NFT 栽培體系是必要的。控制的方法可以用人工或機械，視農場規模與資本額而定。

根部環境

NFT 植物的根在苗期通常以岩綿塊或泥炭土或黏土等做支持物。而四週由幾個厘米深的養液循環供給水分、養分與空氣。根部漸漸往外伸長而形成根團，一部分浸在水中吸取水、養份；另一部分則暴露在空氣吸收氧氣。

1.水　分

含有氧氣的循環水是造成 NFT植物生長良好的重要因素。但無限制的供水並非上策，適時地控制水分可使番茄植株營養生長受到抑制，也使番茄早期花著果順利，並提高果實品質。控制植株徒長可用斷水或提高塩濃度。植物吸水量與光照量有直接的相關。萵苣葉緣燒傷與日照量呈

直線相關。

2.pH

無土與傳統帶土栽培的一項重大的區別就是 pH 的緩衝力。無土栽培對 pH 的緩衝力很有限。通常養液栽培的 pH 為微酸性，而根部吸收陰陽離子速率的不同會造成養液 pH 的變化。

植物對離子吸收效率最好的 pH 為 5—7 之間。pH 低於 5 不利陽離子的吸收，pH 高於 7 則不利陰離子的吸收。根在吸收陽離子時，放出氫離子使養液 pH 下降；相對的，根吸收陰離子時，放出重碳酸塩與氫氧離子使養液 pH 上升。實際栽培上，pH 通常隨著時間增長而上升，但也有初期下降隨後上升的情形。因此隨時測定 pH ，用酸或鹼來調整養液的 pH 值在 5.5—6.5 之間是很重要的。

3.電導度與無機營養

養分的吸收在 NFT 系統是很有效率的，因此養液的濃度可以較其他系統低。根據英國的試驗報告，番茄種植在很寬的濃度範圍內（氮 10—320ppm，磷 5—200ppm 與鉀 20—375ppm），產量並沒有顯著差異。但也有些人用高濃度栽培，其優點為不易產生缺乏而不必常加養液。同時，測定養液濃度也較容易。濃度高低的取捨全靠個人情況而定。表一是供讀者參考的濃度與藥品種類。

由於養液或葉片內每一元素的測定費時耗錢，因此通常以測定電導度來代替。但電導度計測出來的數值只告訴我們塩類的總濃度，而沒有每一元素濃度的資料。因此添加肥料時必須按該作物的特性加適當的比例。如果不如此做會造成某些元素不足，某些元素累積過多的情形。可能的話，最好每 2—3 週測定主要元素（氮、磷、鉀、鈣、鎂）一次，每 4—6 週測定微量元素（鐵、鋅、錳、銅、鈉、硼、鉬）一次。

自動控制系統的塩度控制器通常設定在 2500—3500 μmhos 之間，依水的硬度、作物種類與生長期而定。番茄抑制營養生長使開始著果的電導度採用 9,500 μmhos 高電導度，在第一串花開花後連續10天處理。其後每隔 7 天降 2,000 μmhos 到 4,000 μmhos，維持至 3 月開始採收。接著每個月降 1,000 μmhos 至 2,000 μmhos，以配合夏季的高蒸散率。此濃度維持到收成結束。

4.溫　　度

北歐的長季番茄通常在 10 月或 11 月播種，2 月或 3 月初第一次採收。雖然第一個月的收量只佔總產量的 6—8%（約 25—30 kg／m²），但因價格好，其價值卻佔整季的 10—15%。降低夜溫可節省燃料費，但每降 1℃會延後採收期 2—4 天。但從另一個角度來看，降溫雖抑制果實發育，植物生長卻可增加，由於整株結果部位增加，最終產量也比不降溫植株多。

養液溫度若過高，根系會較旺盛，造成過多營養生長而延遲著果與成熟。同時果實也較易產生生理病。但高根溫有時也有好處，如番茄在採果期會有根部壞死的現象，此時提高根溫至 25℃，可加速新根長出。又葉菜類的萵苣，在提高根溫至 25℃，可增加 17%的鮮重。

5.氧　　氣

根部需要有適當的氧氣供應才能正常生長。由於氧氣不易溶於水，因此部分根露在空氣中是 NFT 栽培的必要條件。加溫會造成根部需氧量增加，其增加量由 10℃升到 30℃，約為 2 倍。

NFT 的栽培問題

最常見的有根部病害，如萎凋病、細菌性潰瘍等，詳細的病徵與防治可以參考有關的文章。

營養失調也是常見的問題，通常主要元素氮、磷、鉀需每兩週測定一次。次要元素的鈣、鎂、銅、鐵、錳、鉬、硼、鋅與鈉則每四週測定一次，可以防止營養失調的發生。

生理失調症通常發生於高溫季節。水耕栽培的最高根溫為35℃，超過此溫度則易產生生理失調症。用較大的地下水槽可以降低一點根溫。

長季節作物（番茄）在季節末與兩作之間一定要消毒，季節末通常用 2%的福馬林（formalin）溶液混在養液中使循環而殺死根部菌類。移走植株後則整個栽培系統與地面都用 2%福馬林液清潔。再以溫水（25—30℃）循環 1—2 小時，以洗掉福馬林。

整個 NFT 系統應該每年作一次檢查，包含馬達、pH 儀與電導度儀等。

表一　番茄 NFT 的元素適當濃度與化學藥品

元　素	適當濃度（ppm）	化學藥品
Nitrate nitrogen　硝酸態氮	150—200	硝酸鉀、硝酸銨、硝酸鈣
Ammonium nitrogen　銨態氮	0—20	硝酸銨、硫酸銨
Potassium　鉀	300—500	硝酸鉀、硫酸鉀、磷酸二氫鉀
Phosphorus　磷	50	磷酸二氫鉀、磷酸二氫鈉、磷酸氫鈣
Calcium　鈣	150—300	硝酸鈣、硫酸鈣、磷酸氫鈣
Magnesium　鎂	50	硫酸鎂、硝酸鎂
Iron　鐵	3[a]	FeEDTA，FeEDDHA
Manganese　錳	1	硫酸錳
Copper　銅	0.1	硫酸銅
Zinc　鋅	0.1	硫酸鋅
Boron　硼	0.3—0.5	硼酸
Molybdenum　鉬	0.05	鉬酸銨
Sodium　鈉	最高 250	
Chlorine　氯	最高 200	

a 開始採收前以 5—10ppm 為宜。

NFT 的經濟效益

當我們把 NFT 和別的系統作經濟效益比較時，必須要把最初的投資算在內，表二為兩種 NFT（地面型與架高型）與泥炭土栽培系統的比較。泥炭土栽培系統為把 3 株番茄種在一個裝 42 公升泥炭土的袋子內，每季種完必須全面消毒而有兩週時間停產。NFT 則可週年生產。因此實際栽培上，NFT 一季的生產量可以比泥炭土多 15%。但根據表二，若地面型 NFT 與泥炭土的產量相同，則兩者都不佔優勢。若採用高架 NFT，則其產量必須較泥炭土多 5%以上，其經濟效益才會相當。NFT 還有一項管理容易的優點是必須用澆水管路系統所比不上的，就是灌水時不會因管路阻塞而斷水或供水不均。

表三，為荷蘭人做的岩綿、泥炭土包與 NFT 三種系統的經濟效益比較。雖然此表的數據並不是在同一溫室同一時間嚴格比較得來的，但是可以供一般的參考。

表二 英國 NFT 與泥炭土系統種植番茄的成本與收益（1980年資料）

方法	假設產量	收益差（$／公頃）	
		NFT	泥炭土
1.簡易 NFT[a] 比泥炭土[c]	相同	無	無
2.簡易 NFT 比泥炭土	NFT 多10%	20,000	無
3.架高 NFT[b] 比泥炭土	相同	無	13,000
4.架高 NFT 比泥炭土	NFT 多 10%	11,500	無

a 簡易 NFT—總投資額＄45,000／公頃，分 7 年攤還。
b 架高 NFT—總投資額＄86,500／公頃，分 7 年攤還。
c 泥炭土—假設每公頃種 25,000 株，成本為每公頃＄15,000。

表三 荷蘭不同無土栽培系統的成本（假設產量相同）

水耕系統	設置成本（＄／公頃）	年花費（＄／公頃）	比一般土壤栽培多出的成本（＄公頃）
岩綿	55,000	16,000	15,000
泥炭土	38,000	14,000	8,000
NFT	81,000	22,000	21,500

NFT 的未來

NFT 已被證明是一套相當好的無土栽培系統。這個系統已在世界各地流傳，包括中東。中東地區由於氣候與土壤均不適合傳統的栽培法，因此無土栽培在這兒非常適合。事實上已經有人成功地利用 NFT 在乾旱的環境生產高品質的沙拉蔬菜和其他作物，如香瓜、薄荷與花卉。至少有兩家英國公司在中東地區以 NFT 生產沙拉蔬菜，不過由於事關商業機密，因此詳情不得而知。

以 NFT 系統種植短期作物，如萵苣與菊花等，比種植長期作物，如番茄與胡瓜等，較容易成功。但如果我們對一些結果期間的問題，如根死病，能有更深切的瞭解，長期作物就會容易種了。

NFT 有一個較其他系統不同的特點是整行的植株隨時可以移動。這項特性的將來可能商業用途是生長與採收的機械化，以及彈性的栽種計畫以充分利用水平或垂直的種植空間。

NFT 還算是相當新的技術，雖然已有不少地方採用它，但還有待世界上其他地方的嘗試與開發改進。最後，就如同其他的園藝技術一樣，NFT 的發展全靠它和其他方法的經濟潛力比較。

（節譯自 The Nutrient Film Technique，by C. J. Graves. Hort. Rev. 5：1-44，1983）

Excel 是英國一家規模相當大的 NFT 番茄栽植公司。由一家電力公司與一家農業公司合夥經營。面積約 30 英畝。

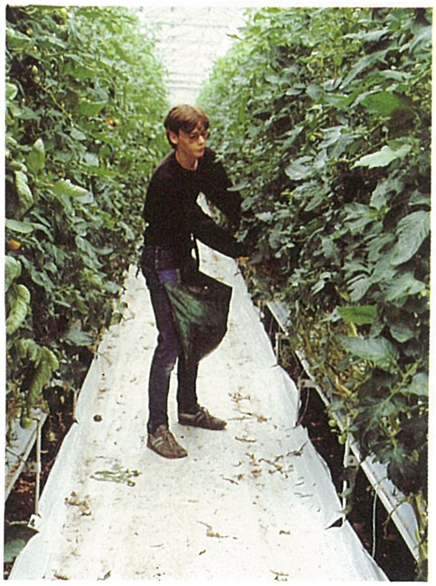
1. Excel 公司利用核能發電場的廢熱加溫，節省溫室內加熱費用。

2. 玻璃溫室外觀。

3. 大規模 NFT 栽種番茄。

4. NFT 栽培床為架立式。番茄莖被纏繞在底部，以維持植株高度不致太高。

5. 以架高的電動車整理繫綁番茄植株。



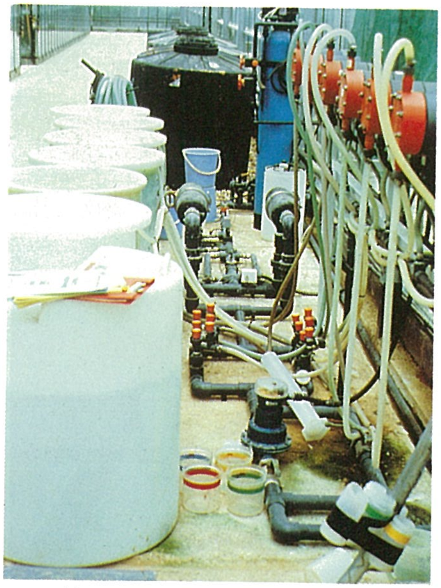
6. 番茄採收。

7. 採收後的番茄置於走道兩旁。

8. 一車車的番茄載往清洗，處理與分級。

9. 包裝好的番茄。

10. NFT 自動控制系統。



11. 養液供應系統。